THE CHARACTERISTICS AND UTILIZATION OF THE COVERING MATERIALS FOR GREENHOUSES

Tin-Sen Wang

Associate Professor
Department of Agricultural Engineering, National Taiwan Univerity

ABSTRACT

The main purpose of the greenhouse is to modify the natural environment in order to obtain the optimum situation for the plant growth; therefore, the construction of greenhouse must consider the environmental factors of plant growth, such as:
light, temperature, air components.:.etc.

Now, a lot of covering materials for greenhouses have been widely used in Taiwan. There have ten fundamental covering materials that may have almost thousands band productions. This research aims on introduction of light characterization, light transmissivity, thermodynamics, humidity, mechanics, agedness..etc. Finally, the suitable covering materials will be suggested to different plant in order to fit horticultural environment.

溫室洋香瓜之養分吸收試驗

沈再發　　許淼淼*
農試所鳳山熱帶園藝試驗分所

摘　　要

溫室洋香瓜（*Cucumis melo* L.）以浮根式水耕行減液量、吸收養分濃度之變化及NO_3／NH_4比率對生育及養分吸收之影響試驗，結果顯示溫室洋香瓜之生育時期依養液之吸收量可分為授粉前之營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期等四個階段。養液吸收量以果實肥大期最多，其次為果實成熟期、授粉小果期，而以營養生長期最少。其硝酸態氮（NO_3-N）、磷（P）、鉀（K）、鈣（Ca）、鎂（Mg）的吸收濃度，春作分別為13.98、4、5.33、7.26、3.98 me/ 1，夏作分別為 15.09 、4、7.35、6.59、4.26me/ 1。生長期別的要素吸收量，則以授粉小果期最高，營養生長期最低。

以不同NO_3/ NH_4比率（12:0，10:2，8:4，6:6）的養液對溫室洋香瓜之生育影響試驗，顯示養液中氨態氣的比率增加時，植物體內之含鈣量相對的降低。適合溫室洋香瓜生育的NO_3/ NH_4比率為10:2。

一、緒　　言

溫室洋香瓜之土耕栽培，以水田土與有機肥料混合為床土。以灌水技術配合生育之階段，做為養分吸收的調節手段。依日本之增井（1968）等報告得知土耕栽培氮素之每日平均吸收速度，於授粉前之土壤 pF 低時逐漸增加，授粉後第10天果實正是肥大時期提高土壤之 pF 是為使氮素之吸收減少。因此，日本的溫室洋香瓜土耕栽培，其外觀、糖度等良好的品質之保持是依不同生育之階段調節其水分和養分的吸收。然而目前的養液栽培根部經常與養液接觸，養分吸收充足，形成生長發育調節不易，及高品質洋香瓜生產之困難。

本試驗基於養液栽培觀點，營養的調節及供給需要，首先調查其養分吸收的狀況，做為將來生育控制之基礎，以溫室洋香瓜生育過程的水分與養分之吸收情形進行調查，然後再行不同氮源比率對生育之影響，分二階段進行試驗。

溫室洋香瓜之養分吸收，山崎氏（1976）就培養液管理觀點訂定其吸收之濃度。該組成濃度經鳳山熱帶園藝試驗分所於1985年秋作和1986年夏作試驗結果顯示無論秋作或夏作，養分吸收略有不同外，其生育期可分為授粉前之營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期等四個

---

* 農試所鳳山熱帶園藝試驗分所分所長和助理

吸收階段。為瞭解各階段之吸收濃度，本試驗春夏兩季以各階段吸收之成分與消耗養液量計算不同階段之消耗濃度，以供將來調節控制之參考。

另有關溫室洋香瓜對不同氮素形態的吸收，池田（1983）之試驗指出，洋香瓜不論 pH 之高低對氨態氮（NH_4—N）為選擇性或優先性的吸收。增井（1982）等行洋香瓜不同NO_3和NH_4比率的砂耕試驗，顯示隨氨態氮（NH_4—N）濃度增高時，生育降低，果重減少，而果實糖度略為提高，同時葉部之氮含量也隨氨態氮之提高而增加。本試驗以硝酸態氮單獨使用，與不同 NO_3／NH_4 比率氮源併用行水耕試驗，比較對溫室洋香瓜的生育影響，提供養液栽培之氮源比率的基礎資料。

二、材料與方法

(一)不同生育階段之養分吸收濃度試驗

1. 供試品種計有 Earl' s 春系、Earl' s 夏系和 B—502 等三品種。
2. 培養液之肥料組成濃度，依日本山崎氏（1976）之洋香瓜配方，其硝酸態氮（NO_3—N）、磷（P）、鉀（K）、鈣（Ca）、鎂（Mg）之濃度分別為13、4、6、7、3 me／l（表1）。微量要素之濃度依 Hoagland and Arnon（1940）標準，Fe—EDTA 為濃度 3ppm。

表 1　水耕洋香瓜供試養液之組成（山崎，1976）

Table 1. Composition of the nutrient solution used for floating hydroponics in muskmelon (Yamasaki 1976)

肥料鹽	me/l				
	N	P	K	Ca	Mg
$Ca(NO_3)\cdot 4H_2O$	7	—	—	7	—
KNO_3	6	—	6	—	—
$NH_4H_2PO_4$	1.3	4	—	—	—
$MgSO_4\cdot 7H_2O$	—	—	—	—	3

微量要素 (ppm)　Fe：3　Cu：0.02
B：0.5　Zn：0.05
Mn：0.5　Mo：0.02

3. 栽培方法：

(1)於塑膠溫室內設栽培床8個。每床長18公尺、寬80公分、床深20公分。以有孔萬能網為浮媒體（萬能網之網孔大小為1.9×1.9mm），並配合保麗龍條墊於萬能網下做為浮媒介質。於萬能網上再覆蓋吸水不織布（Spunbonded polyester 2mm厚）和尼龍布各一層。以水位控制器控制栽培床內經常保持同樣養液量，總計爲 11,558 公升，並於高處設十噸容量養液槽，以相同濃度之培養液補充所消耗的養液量。另裝置等量交換泵浦二個（甲乙兩個），甲泵浦自單號栽培床抽水至雙號栽培床，使單號栽培床水位降低形成一空間，而雙號栽培床形成高水位。經由栽培床間之連通迴水管使成水平後，再由乙泵浦自雙號栽培床抽水至單號栽培床，同樣使雙號栽培床降低水位形成一空間（圖1）。如此每日以四次交換，每次抽水15分鐘。

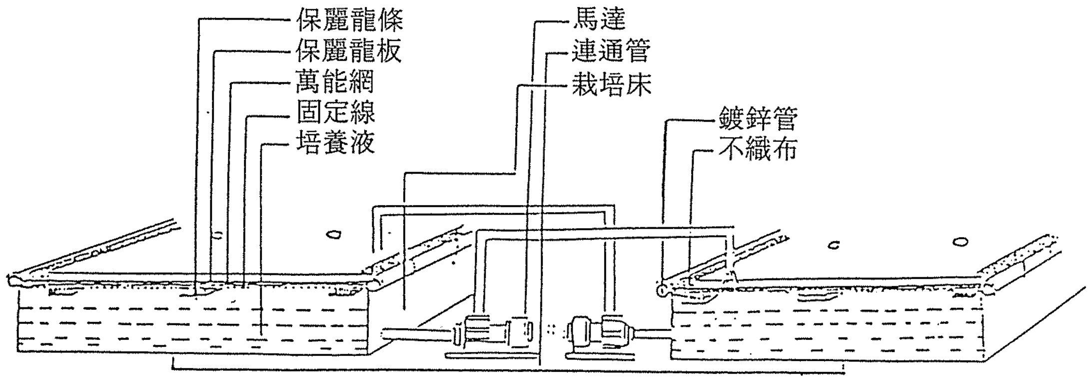

圖 1　洋香瓜試驗用水耕裝置

Fig. 1. Diagram of hydroponics used in experiment.

(2)種子殺菌後於30℃恆溫箱催芽一天，種子發芽後隨即以3cm³海綿之中間切口處播種，並以稀薄之培養液（E.C.　0.6—0.8m mho/ cm ）保持約1公分水位育苗約二週。苗長出2—3片本葉時移植於保麗龍板的定植穴上。春作76年2月27日，夏作76年6月24日定植。每床種兩行，株距為1公尺。每床定植35株，全溫室計280株。定植後採單幹整枝方法，其植株以鍍鋅管支架和繩固定，使往上呈垂直生長。於12—15節留側枝使其開雌花，每株授粉三個雌花。春作於4月1—8日授粉，夏作於7月20—21日授粉。授粉後除去其他側枝，頂芽於第24—25節行摘心。授粉後春作45—50天，夏作42—44天收穫果實。

(3)測定培養液之 pH 和電導度（E. C.）之感應器（Sensor）裝置於栽培床培養液中，以電腦自動記錄，每週取培養液分析氮、磷、鉀、鈣、鎂等五種主要元素。硝酸態氮以酚硫酸比色法、鈣和鎂以原子分析儀、鉀以焰光分析法、磷以Ammonium Vanadate Molybdate 法測定。另養液消耗量的測定則以水位控制器，並以水錶之流量計每日記錄之。

(二)培養液中不同 NO_3／NH_4比率對洋香瓜之生育影響

1. 供試品種：FS—30（鳳試選）、Earl' s 夏系（日本八江種苗）、Sapphire（八江種苗）、B—502（布袋陳三雄）四個品種。
2. 培養液之肥料成分：參照日本山崎之洋香瓜吸收濃度標準和丹麥 Grodan 公司之洋香瓜推薦標準量。主要素以氮12、磷3、鉀7、鈣8、鎂4 me／l為基本培養液。微量要素之濃度各處理皆依 Hoagland and Arnon（1940），Fe—EDTA 同樣以3ppm 濃度。其中氮源依 NO_3：NH_4 濃度比為12：0、10：2、8：4、6：6，分成四種處理（如表2）。
3. 栽培方法：

(1)本試驗在12m×38m 面積為416m²之玻璃溫室內進行。以 FRP 製70cm寬、12cm深、15m 長的栽培床16個，依肥料處理設計 NO_3／NH_4 之比率，每處理四重覆。於地下設養液池四個，每池容量為5公噸。養液由各養液池經馬達定時抽液到栽培床內。栽培床以水位控制，使養液迴流至養液池形成養液由栽培床和養液池相互循環。培養液之補充視養液池內養液量將用盡時，照原肥料標準分別補充之。

表 2 不同NO_3／NH_4比率培養液濃度

Table 2. Nutrient concentrations and ratios of NO_3/NH_4 in nutrient solution used for the growth of muskmelon

肥料鹽	NO_3/NH_4 (me/l)			
	12/0	10/2	8/4	6/6
KH_2PO_4	1 mM	1 mM	1 mM	1 mM
KNO_3	4	4	4	4
$Ca(NO_3)_2$	4	3	2	1
$MgSO_4$	2	2	2	2
$CaCl_2$	0	1	2	3
$(NH_4)_2SO_4$	0	1	2	3
Microelements (ppm)	Fe : 3 B : 0.5 Mn : 0.5	Cu : 0.02 Zn : 0.05 Mo : 0.02		

(2)栽培床內以萬能網（Vannet 網孔2.0×2.0mm）為浮根媒體，以保利龍板於固定位置留定植孔並覆蓋於床上。每栽培床種植兩行，行株距為45公分。種子於76年6月23日播種於海綿（3cm³）上育苗，育苗16日後幼苗本葉展開2—3片時，定植於試驗栽培床。植株以鍍鋅管支架和繩固定，使往上呈垂直生長。8月7—9日於第12—15節授粉3個雌花，果實約雞蛋大小時選擇優良者保留一個，到9月17—19日採收。

(3)測定培養液之 pH 值和電導度（EC）之感應器（Sensor）裝置於栽培床培養液中，以電腦自動記錄。每週調查培養液之 pH、EC 及多量要素之分析，包括氮（分硝酸態和氨態）、磷、鉀、鈣、鎂等五種主要元素。生育期中調查植株地上部重、株高和葉大小、莖粗細及果實（包括重量、糖度、收穫期）等。植體多量要素濃度分析全氮以 Kjeldahl 、鈣和鎂以原子分析儀、鉀以焰光分析法、磷以 Ammoniun Vanadate Molybdate 法測定。

三、結果與討論

(一)不同生育階段之養分吸收濃度試驗

1.生育方面：

本次試驗分春作與夏作，其品種別之收穫調查如表 3 。春作定植後約32—38日授粉，授粉後約45—50日收穫。夏作定植後28日授粉，授粉後僅42—44日就可收穫。果實之糖度、果重與栽培季節及品種有關；春作糖度較夏作高，果重則夏作較春作高。而品種上顯示無論春夏作本省所育成之 B—502 較甜，其次各 Earl's 夏系，Earl's 春系再次之。

表 3 溫室洋香瓜之生育與收穫調查

Table 3. The investigation on growth, yield and qualities of muskmelon

	品種	授粉期	採收期	著果節位	果肉厚 (cm)	糖度 (Brix)	果重 (g)
春	Earl's 春系	4/1—4/9	5/15—5/21	11.4	4.1	12.9	1960
	Earl's 夏系	4/1—4/8	5/14—5/21	12.8	3.7	13.9	1713
作	B-502	4/1—4/7	5/15—5/21	12.4	3.9	17.3	1607
夏	Earl's 春系	7/21	9/1	11.8	3.7	10.1	2090
	Earl's 夏系	7/20	8/30	9.8	3.1	12.4	1840
作	B-502	7/20	9/2	11.1	3.8	15.3	2108

2.培養液之 E C 和 pH 及消耗量的變化

栽培期間培養液之 pH 和 EC 之變化如圖 2 。春作的4月3日和夏作的7月22日適為交配期間，其 EC 皆略爲下降，而後逐漸上升之趨勢。pH 栽培初期逐漸下降，於著果後再略上升，果實肥大期又微降，成熟期再上升。

栽培期間平均養液之消耗量（包括吸收、蒸散和蒸發量）每日雖然依氣候條件而有異，但是無論春、夏作皆可依消耗量多少而分為營養生長期、授粉小果期、果實肥大期與果實成熟期四個階段如圖 3 和圖 4 。消耗量以果實肥大期最多，其次為果實成熟期，再次為授粉小果期，而營養生長期最少。果實肥大期每株每日春作為1.85公升、夏作高達2.46公升。其生育期間每株每日的平均夏作為1.66公升、春作為1.27公升（表 4 ）。

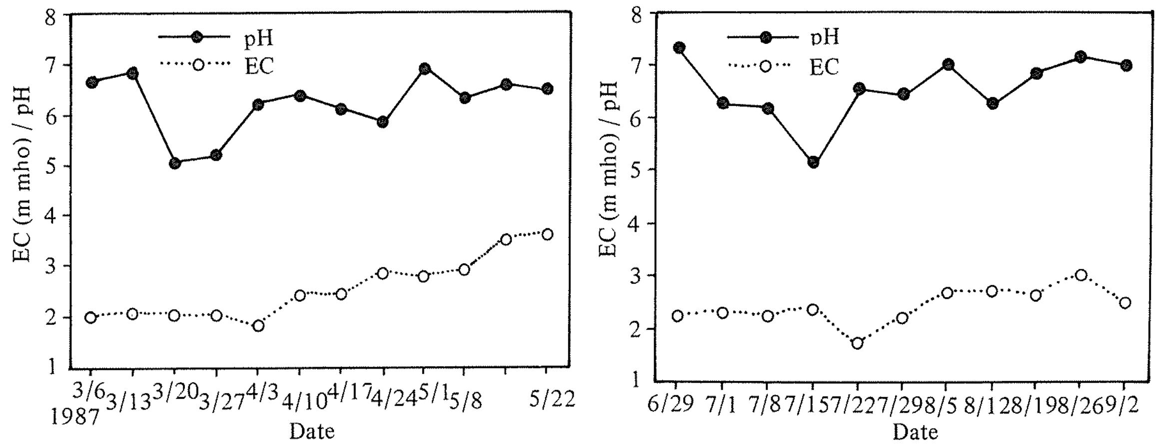

圖 2 春作和夏作溫室洋香瓜培養液之pH和EC變化（1987）

Fig. 2. Changes of pH and EC (electrical conductivity) in the nutrient solution during the growing period of muskmelon in 1987.

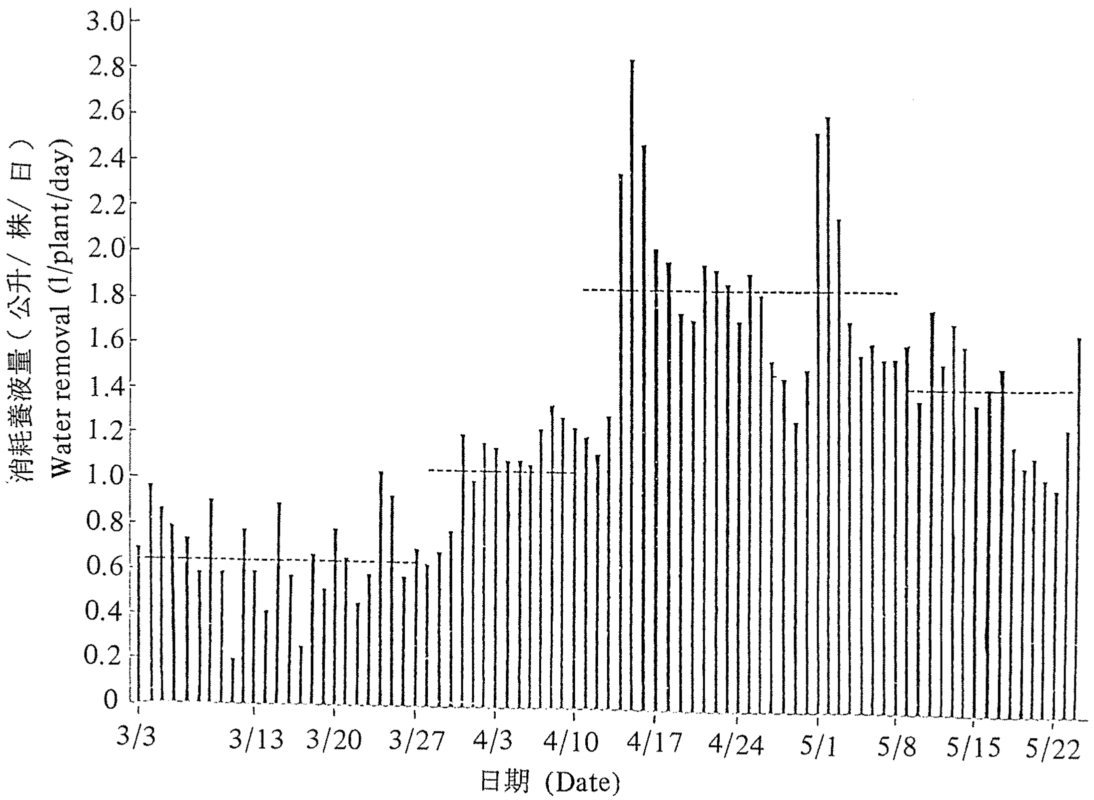

圖 3 春作洋香瓜養液消耗量（1987）

Fig. 3. Water removal by muskmelon grown in spring, 1987.

表 4 溫室洋香瓜生育期別養淳消耗量（公升）

Table 4. Water removal by muskmelon at different growing stages (1).

		營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	平均
總量	春作	5249	4126	14471	6289	–
	夏作	4074	5856	14742	7209	–
株/日	春作	0.67	1.05	1.85	1.39	1.27
	夏作	0.66	1.49	2.46	1.96	1.66

3.培養液中要素濃度與吸收濃度的變化

春作和夏作依其生育階段將培養液取樣分析多量要素之濃度變化如表 5 和表 6 。春作和夏作之硝酸態氮（NO_3—N）皆在營養生長期逐漸上升後，就逐漸下降，磷之濃度則較所供給之 4 me／l 為低，但生育期間皆未見有任何缺磷現象。鉀之濃度春作之前期皆無多大變化，於果實成熟期濃度增。夏作則授粉小果期和果實肥大期濃度降低，果實成熟期濃度再提高。鈣之濃度變化則無論春、夏作皆隨生育時期而逐漸提高，鎂之濃度春作也隨生育階段而逐

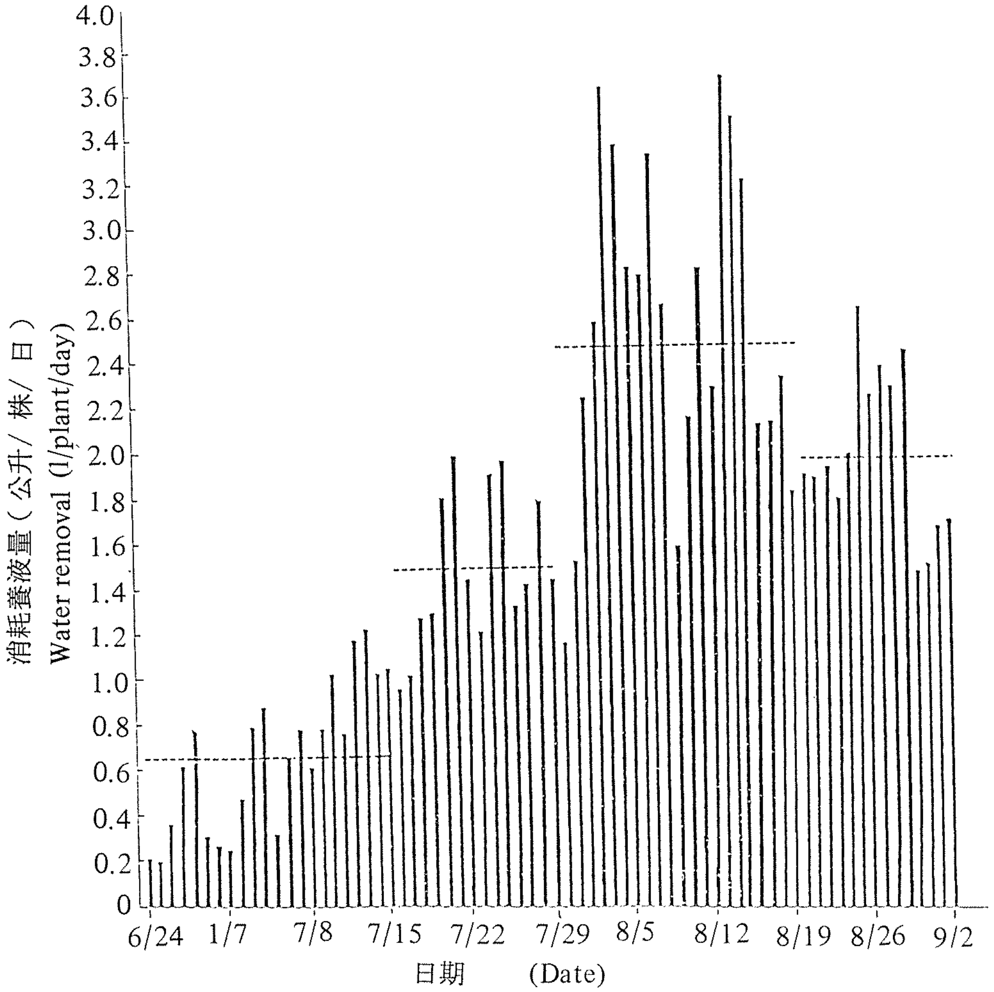

圖 4 夏作洋香瓜養液消耗量（1987）

Fig. 4. Water removal by muskmelon grown in summer, 1987.

表 5 春作溫室洋香瓜水耕生育期間養液中之要素濃度變化（me/ 1）

Table 5. Changes of element concentrations in nutrient solution for muskmelon grown in spring, 1987. (me/l)

日期 / 要素	3/3	3/37	4/10	5/8	5/22
	營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	
NO_3-N	14.30	17.40	16.20	16.30	15.10
P	0.70	0.20	0.10	0.20	0.24
K	6.97	7.00	6.97	9.44	11.13
Ca	9.90	11.60	11.80	15.80	16.60
Mg	5.00	6.00	6.40	7.20	7.60

表 6　夏作溫室洋香瓜水耕生育期間養液中之要素濃度變化（ me／ 1 ）

Table 6. Changes of element concentrations in nutrient solution for muskmelon grown in summer, 1987 (me/l)

要素 \ 日期	6/24	7/15	7/29	8/18	9/2
	營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	
NO_3-N	15.60	18.00	16.80	17.90	17.00
P	0.70	0.20	0.10	0.10	0.20
K	7.50	7.30	5.50	5.10	7.90
Ca	8.40	9.50	10.00	11.30	13.40
Mg	4.30	4.40	4.40	4.50	4.40

漸提高，夏作則變化較穩定。

以表 5 和表 6 之培養液濃度變化與所消耗之養液量（表 4 ）來計算其生育期別的養液消耗濃度。其計算方法：

生育期別之要素消耗濃度（ me／l ）＝（栽培床要素之濃度×床內養液量 l＋補充養液要素之濃度×生育期別補充養液量 l－床內剩餘養液之要素濃度×床內剩餘養液量　l ）÷消耗養液量 l。

如春季之營養生長期和授粉小果期之硝酸態氮素消耗濃度計算為：

（ 11558×14.3＋5249×14.3－11558×17.4 ）÷5249＝7.47（ me／l ）

（ 11558×17.4＋4126×14.3－11558×16.2 ）÷4126＝17.66（ me／l ）

依此計算，其生育期別的消耗濃度列於表 7 。其消耗濃度硝酸態氮以授粉小果期最高，其次為果實成熟期、果實肥大期，以營養生長期最低。鉀於授粉小果期最高，而後逐漸隨生育階段而降低。鈣也略有同樣趨勢。鎂則變化較少。季節別的差異上，夏作之硝酸態氮和鉀之吸收濃度比春作高。另值得注意的是春作鈣的平均吸收濃度比鉀濃度高，但是夏作時鉀比鈣為高。

以生育期別之吸收濃度來計算該期消耗之養液量內所含之要素量如表 8 。計算時以各培季節之生育期別的要消耗濃度（表 5 和表 6 ），乘以各該生育期別之株每日之養液消耗量（表 4 ），並換算為重量表示之。例如春作營養生長期（ 3 月 3 日－ 3 月27日）之硝酸態氮之每日每株吸收量為：14mg×7.47（ me／ℓ ）×0.67（ ℓ ）＝70.07mg＝0.07g.其每株每日之要素吸收量也隨生育期別而不同；大致而言，以果實肥大期之要素吸收量最大，硝酸態氮之吸收量春作每日為0.37公克、夏作達0.51公克，為營養生長期之5—6倍。磷之吸收濃度以供給之4me／ℓ計算，同樣以果實肥大期最高。鉀則於果實肥大期吸收量多，而果實成熟期吸收量減少。鈣趨勢也略與鉀相同，但是春作之果實成熟期吸收量仍相當大。

每株之要素吸收總量如表 9 ，其計算由每株每日之養液消耗量（表 4 ）乘以生育日數（春作爲83天，夏作爲71天），再乘以該栽培時期之平均要素消耗濃度（表 7 ），後換算成重量（公克）表示之。例如硝酸態氮之每株吸收總量 .

表 7　溫室洋香瓜生育期別之要素消耗濃度的變化（ me／ 1 ）

Table 7. Element concentrations of water removal at different growing stage of muskmelon (me/l)

作別	成分	營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	平均
春	NO_3-N	7.47	17.66	14.22	16.51	13.98
	P	–	–	–	–	4.00
	K	6.90	7.05	5.00	3.86	5.33
	Ca	6.16	9.34	6.71	8.43	7.26
作	Mg	2.79	3.88	4.36	4.26	3.98
夏	NO_3-N	8.79	17.97	14.74	17.04	15.09
	P	–	–	–	–	4.00
	K	7.87	9.05	5.41	3.41	7.35
	Ca	5.28	7.41	7.38	5.03	6.59
作	Mg	4.02	4.3	4.22	4.46	4.26

表 8　溫室洋香瓜水耕生育期別養分之吸收量（公克／ 株／ 日）

Table 8. Removal of nutrients at different growing stages of muskmelon (g/plant/day)

作別	成分	營養生長期	授粉小果實期	果實肥大期	果實成熟期	平均
春	NO_3-N	0.07	0.26	0.37	0.32	0.25
	P	0.03	0.04	0.08	0.06	0.05
	K	0.18	0.29	0.36	0.21	0.26
	Ca	0.08	0.20	0.25	0.23	0.18
作	Mg	0.02	0.05	0.10	0.07	0.06
夏	NO_3-N	0.08	0.38	0.51	0.47	0.35
	P	0.03	0.06	0.10	0.08	0.07
	K	0.20	0.53	0.52	0.26	0.48
	Ca	0.07	0.22	0.36	0.20	0.22
作	Mg	0.03	0.08	0.13	0.11	0.09

春作為　1.27（ ℓ ）×83（日）×13.98（ me／ℓ ）×14 mg＝20.6 g.

夏作為　1.66（ ℓ ）×71（日）×15.09（ me／ℓ ）×14 mg＝24.9 g.

春作每株香瓜水耕要素之吸收總量 硝酸態氮、磷、鉀、鈣、鎂分別為20.6、4.34、21.9、

表 9 溫室洋香瓜水耕要素之吸收總量（公克/ 株）

Table 9. Total removal nutrients uptake of muskmelon grown by hydroponics (g/plant)

	NO_3-N	P	K	Ca	Mg	Water (l)
春作	20.6	4.34	21.9	15.3	5.0	105
夏作	24.9	4.86	33.7	15.5	6.0	118

15.3和5.0公克。而夏作分別為24.9、4.86、33.7、15.5和6.0公克。可見水耕洋香瓜，因根部經常與養液接觸，較土耕吸收較多之水分和餐分，尤其是氮素之吸收量。

溫室洋香瓜之養分吸收特性已有許多報告。鳳山熱帶園藝試驗分所1986年以山崎洋香瓜配方行試作結果，無論秋作或夏作，其吸收曲線大致可分為營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期四個階段。而於授粉小果期要素之吸收量增強，使培養液濃度降低，並經證明該培養液大致可維持在平衡範圍內，但需要留意小果期培養液之 pH 下降問題。籠橋（1978）以水耕調查溫室洋香瓜之養分吸收量時指出於授粉後15天才下降，該氏又指出於授粉期每株每日氮之吸收量高達0.5公克，每株氮之吸收總量超過20公克。本試驗經養液消耗量，再確定溫室洋香瓜依生育階段之養分吸收量可分成營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期。並經由養液分析計算出各生育期的要素消耗濃度。此養液消耗量以果實肥大期消耗最大，而要素消耗濃度則以授粉小果期最高。且夏作之氮、鉀肥吸收濃度提高。更值得注意的是春季鈣的吸收濃度比鉀為高，但夏季時鉀濃度較鈣為高，可見夏季鈣之吸收降低，乃由於高液溫條件下之吸收和運輸減少所致。

小川，桔（1976）於胡瓜試驗上指出溫度超過20℃以上時對鈣、鎂之吸收降低。山崎（1974）等以番茄行不同晝夜溫度之養分吸收調查、發現於22°—27℃高溫室栽培者比14°—24℃低室栽培者植體鈣的含量較低。本分所1986年之夏作試驗及本次之夏作試驗，證實溫室洋香瓜在高液溫下鈣之吸收降低，而鎂並未受影響。

日本有名靜岡縣的溫室洋香瓜土耕栽培的重要技術在於水分控制，大致可分五階段：第一、定植後多灌水，培養成生長樹勢，即於授粉前使土壤 pF 降低。第二、於授粉時略減少灌水，使著果率提高。第三、選果後增加灌水量，使果實發育肥大。第四、果實的網紋形成期逐漸控制水分，使果實網紋形成均勻美觀。第五、收穫10天前行斷水處理以得到高品質之溫室洋香瓜。然而在養液栽培上尤其水耕，由於根是經常接觸養液中，養分和水分可得到充分之吸收，因此以水分來控制其生育將有所困難。本試驗僅就養液栽培上其養分吸收的特性先行做基礎資料，提供將來提高品質的養液栽培管理的控制參考。

㈡培養液中之 NO_3／NH_4 比率對溫室洋香瓜之生育影響

1.生育方面：

在供試四個品種於定植後第二十八天（8月6日）行生長調查結果如表10。大致以含氨態氮高者，植株較高，葉寬也略大，莖粗和葉長未見有所差異。收穫之果實重量則以 NO_3：NH_4＝10：2或8：4較重，而果實之糖度也以 NO_3：NO_4＝10：2和8：4較高。品種則鳳山分所和嘉義陳姓農家所選之 FS—30 和 B—502 糖度較高。在植體之乾物率方面，顯示養液中氨態氮比率高者會降低葉片乾重，但對莖則無顯著差異（表11）。

2.培養液 EC 和 pH 之變化

pH 之變化曲線顯示不同 NO_3／NH_4 比率之四處理大致相同，初期微升，於授粉期（8月9日）略為下降。自8月12日到8月26日之果實肥大期再逐漸上升，然後下降。待果實成熟期的最後一週又上升。在不同 NO_3／NH_4 比率情況顯示不含氨態氮者培養液之 pH 略高，而含氨態氮者 pH 低，含氨態氮愈多者，其 pH 愈低（圖 5 ）。

EC 變化也呈現四種處理之曲線很為類似，恂隨生長時期而逐漸升高之趨，但不同 NO_3／ NH_4 比率間則顯示氨態氮比率高者，培養液之 EC 也較高。值得注意的是 NO_3：NH_4＝10：2 較 8：4 和 6：6 於生長後期之 EC 為穩定（圖 5 ）。

表10. 培養液中之NO_3與NH_4比率對溫室洋香瓜之生育影響＊

Table 10. Effects of the ratios of NO_3/NH_4 in nutrient solution on the growth of greenhouse muskmelon

品種	NO_3: NH_4	生長狀況				果實	
		株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (cm)	果重 (g)	糖度 (Brix)
Sapphire	12:0	115.2^{c}	11.4^{c}	16.2^{d}	6.2^{c}	1281.3^{a}	10.6^{ab}
	10:2	124.4^{bc}	15.0^{a}	22.5^{a}	7.9^{a}	1268.8^{ab}	11.5^{a}
	8:4	134.0^{b}	13.0^{b}	18.5^{c}	7.2^{bc}	1312.5^{a}	11.3^{a}
	6:6	153.4^{a}	14.6^{ab}	20.1^{b}	7.6^{cb}	1025^{b}	9.5^{b}
B-502	12:0	92.4^{a}	12.5^{a}	17.6^{bc}	6.7^{a}	1093.8^{b}	12.4^{a}
	10:2	94.9^{a}	12.9^{ab}	18.9^{ac}	7.0^{a}	1275^{a}	13.2^{a}
	8:4	102.5^{a}	13.8^{a}	20.0^{a}	7.5^{a}	1287.5^{a}	13.1^{a}
	6:6	93.7^{a}	12.0^{ab}	17.2^{b}	7.0^{a}	962.5^{c}	13.1^{a}
FS-30	12:0	129.4^{a}	10.8^{b}	16.4^{b}	6.4^{a}	1057.1^{c}	13.1^{a}
	10:2	155.2^{a}	13.4^{a}	19.5^{a}	7.1^{a}	1585.7^{a}	14.7^{a}
	8:4	156.8^{a}	12.7^{a}	17.9^{b}	6.3^{a}	1378.6^{b}	14.6^{a}
	6:6	157.0^{a}	12.7^{a}	18.1^{ab}	6.7^{a}	1178.6^{c}	12.6^{b}
Earl's-78 夏系	12:0	132.6^{b}	11.2^{b}	18.2^{b}	7.3^{a}	1400^{a}	10.4^{b}
	10:2	124.2^{b}	12.1^{ab}	18.8^{ab}	7.5^{a}	1387.5^{a}	13.3^{a}
	8:4	165.3^{a}	12.9^{a}	20.0^{a}	7.3^{a}	1512.5^{a}	11.7^{ab}
	6:6	154.8^{a}	11.5^{a}	17.6^{b}	6.6^{b}	1437.5^{a}	12.3^{a}

＊授粉前一日（8月6日）調查

Mean values in a column with similar letters did not differ significantly at 5% level.

表11. 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對植體乾物率的影響
Table 11. Effect of different NO_3/NH_4 ratios on percentage of dry weight of muskmelon plants

Varieties	$NO_3:NH_4$	Leaves	Stem
Sapphire	12:0	18.01[a]	9.27[a]
	10:2	19.02[a]	9.46[a]
	8:4	16.44[b]	9.25[a]
	6:6	13.89[c]	9.27[a]
B-502	12:0	15.24[a]	8.5[a]
	10:2	17.23[a]	8.85[a]
	8:4	15.20[a]	9.01[a]
	6:6	12.62[b]	7.95[a]

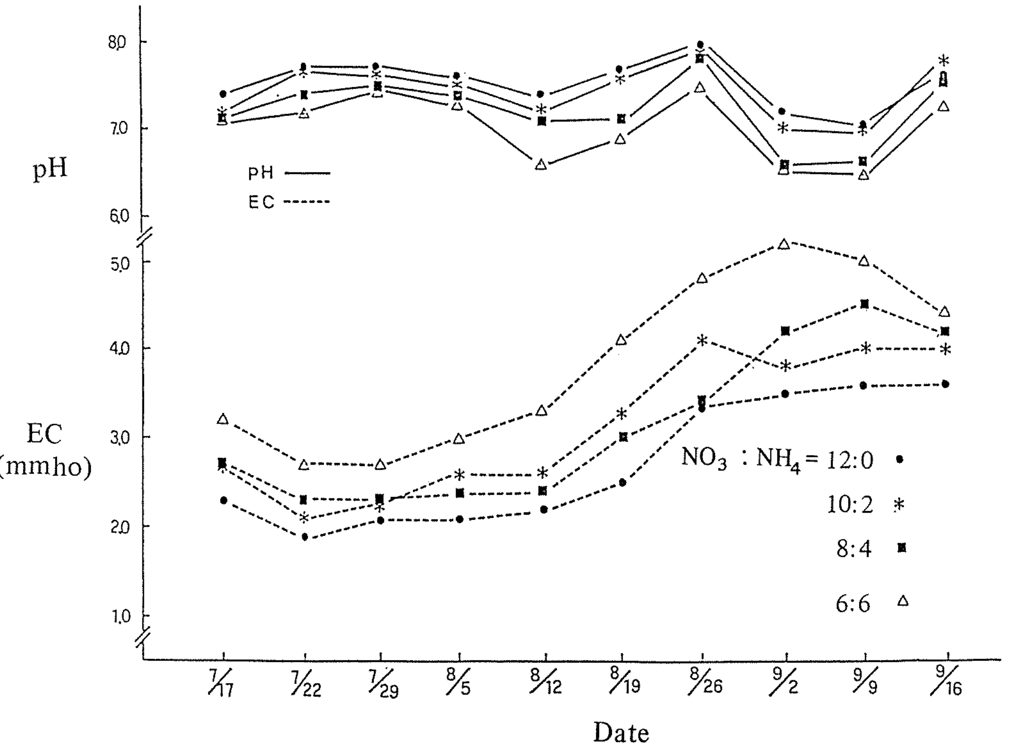

圖 5 NO_3/ NH_4比率對洋香瓜養液栽培之pH和EC變化之影響
Fig. 5. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the changes of pH and EC of the nutrient solution.

3.培養液與植體之多量要素的變化

氮：培養液中硝酸態氮之變化，四處理皆於8月5日(授粉期)下降最低，然後再逐漸上升。同時硝酸態氮之含量高者，其培養液中之硝酸態氮量也高，氨態氮之含量高者，其培養液中之硝酸態氮相對的降低。而 NO_3：NH_4＝10：2，其生長後期自授粉後19日到收穫止(8月26日—9月26日)之變化也較為穩定(圖6)。氨態氮除培養液中不含氨態氮外，其餘氨態氮含量高者培養液中就含有較高之氨態氮。NO_3：NH_4＝6：6者整期含有較高之氨態氮。NO_3：NH_4＝10：2者，則於初期含有少量，自8月5日起雖然循環之培養液中仍有氨態氮，但栽培床之養液中無氨態氮(圖7)。就植體而言，培養液中氨態氮含量高者，其葉和莖之全氮含量也增加(表12)。這由於洋香瓜吸收較多氨態氮的結果。

磷：培養液中四處理之變化趨向很一致，由初期較高濃度逐漸略為降低，而且很穩定，變化不大。(圖8)。植體莖與葉的磷濃度也無明顯差別(表12)。

鉀：培養液中四處理之變化大致相同，生長初期到生長後期四處理皆頗為穩定(圖9)。培養液中含氨態氮比率高者，鉀之濃度亦略偏高。而植體鉀含量上，葉部則呈現培養液中氨態氮比率高者，含鉀量較低的趨勢，而莖部則濃度大致相近(表12)。

鈣：鈣在培養液中的變化差異很特殊，四處理自栽培初期逐漸上升，到9月2日則略為下降，培養液中含氨態氮比率愈高者，則培養液中鈣之殘餘量愈多，以 NO_3：NH_4＝6：6者剩餘最高之鈣量。隨氨態氮之比率降低，培養液中之鈣濃度亦較少(圖10)。植體的鈣含量更是顯示出培養液中含氨態氮比率高者，無論莖與葉其含鈣量的降低(表12)。印證出培養液中的鈣含量與植體吸收成一致性。

鎂：培養液中四處理的變化很一致，初期氨態氮比率高者，培養液中也隨而剩下較高的濃度外，後期則皆很一致，亦即所供給的濃度與吸收的濃度近乎平衡(圖11)。在植體上，則略顯出氨態氮比率高者，其莖葉的鎂含量略有較低的現象。(表12)

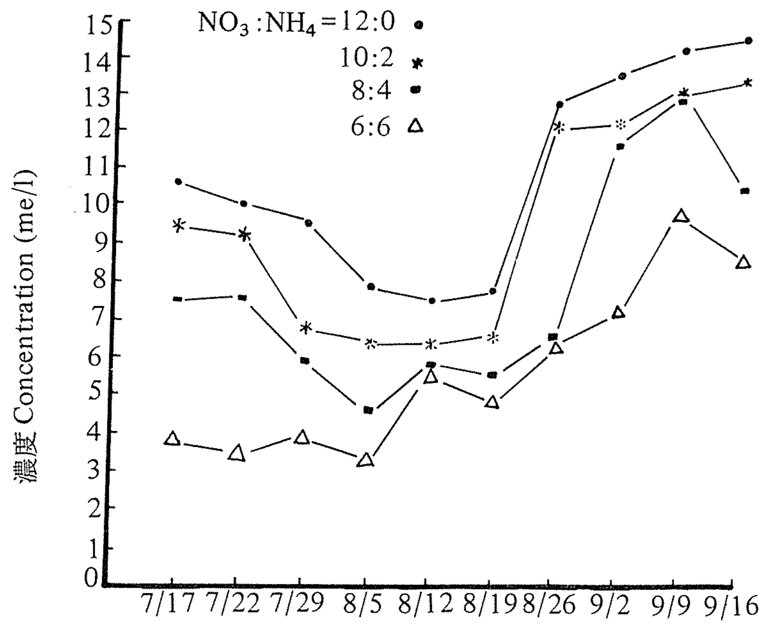

圖 6 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對NO_3—N濃度變化的影響
Fig. 6. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the NO_3 concentration in the nutrient solution.

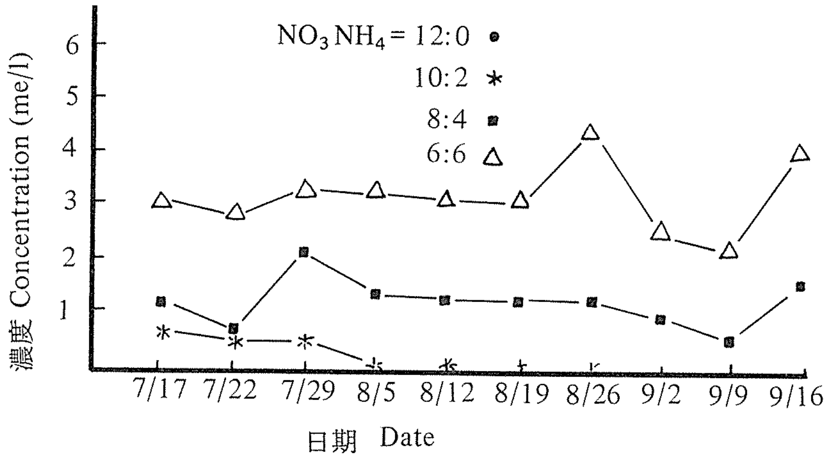

圖 7 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對NH_4—N濃度變化的影響

Fig. 7. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the NH_4 concentration in the nutrient solution.

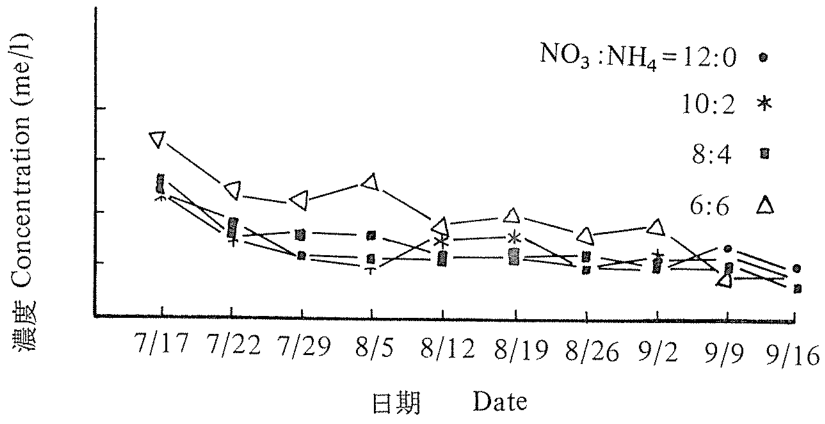

圖 8 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對磷濃度變化的影響

Fig. 8. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the phosphorus concentration in the nutrient solution.

植物對不同形態氮素的吸收，依作物而有不同。池田（1981）指出洋香瓜對氮素的吸收，無論 pH 之高低對氨態氮均為選擇性或優先性的吸收。本試驗顯示氨態氮高比率下，植體含氮量增加而鈣含量的減少，乃基於銨離子之吸收，影響陽離子之吸收，或增加陰離子吸收之所謂電化學的平衡原理（Electro-chemical equilibrium theory）。以氨態氮為氮源時，使植體內的鈣和鎂含量降低，在蔬菜方面有許多的類似報告。本試驗之洋香瓜也有相同現象。

有關氨態氮對生育上之抑制，包括莖葉異常，根之發育障害等。經 Pill and Lambeth 指出於含有氨態氮培養液中，番茄的葉對養水分的擴散抵抗性（leaf diffusive resistance）增加，同時可能也由於根部的水流動性抵抗增加，使木質部的壓力勢（Xylem pressure potential）減少。Slatyer 指出由於水分吸收的抑制，導致原生質體膜構造的變化，膜失去其應有之機制和功能，可能為造成缺鈣的原因。

表 12 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對植體要素含量之影響

Table 12. Effect of different NO_3/NH_4 ratios on element concentrations of muskmelon grown in floating hydroponic system

	NO_3 :NH_4	N	P	K	Ca	Mg
Leaves	12:0	2.13	0.14	3.53	8.02	0.66
	10:2	2.05	0.15	2.22	8.73	0.59
	8:4	2.61	0.18	2.58	7.88	0.60
	6:6	2.84	0.17	2.89	6.60	0.50
Stem	12:0	1.82	0.17	5.93	2.06	0.59
	10:2	1.79	0.17	6.14	1.65	0.59
	8:4	2.07	0.17	6.23	0.91	0.50
	6:6	2.28	0.15	6.07	1.15	0.45

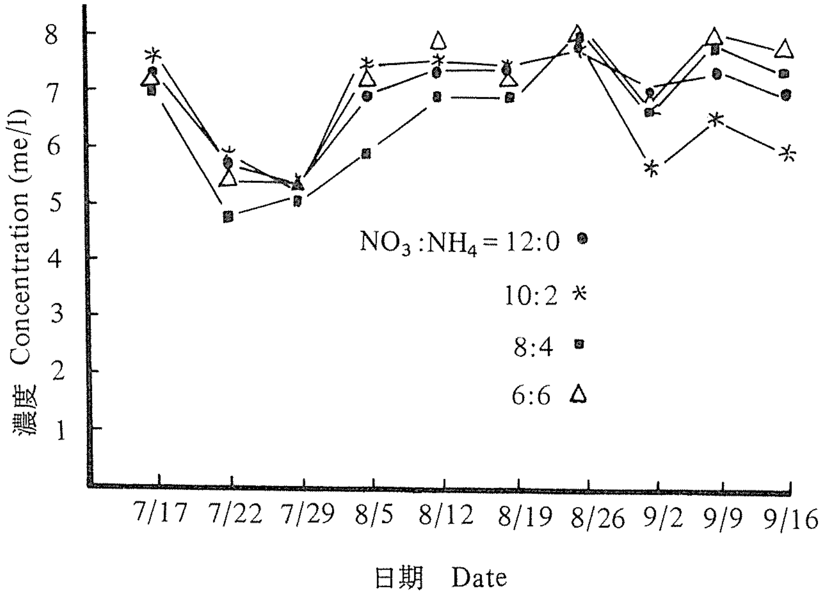

圖 9 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對鉀濃度變化的影響

Fig. 9. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the potassium concentration in the nutrient solution.

本試驗顯示培養液中硝酸態與氨態氮比率自12：0—6：6之範圍內，洋香瓜開花期中之植株外表，雖未見有所差異，但是葉的乾物重有隨含氨態氮比率增加而有降低的現象。同時植體上也由於培養液中氨態氮比率高，氮的吸收增加，而陽離子之吸收減少，尤其是鈣明顯的降低。因此在氨態氮較高比率情況下，可能造成乾物量的減少或果實糖度的降低。

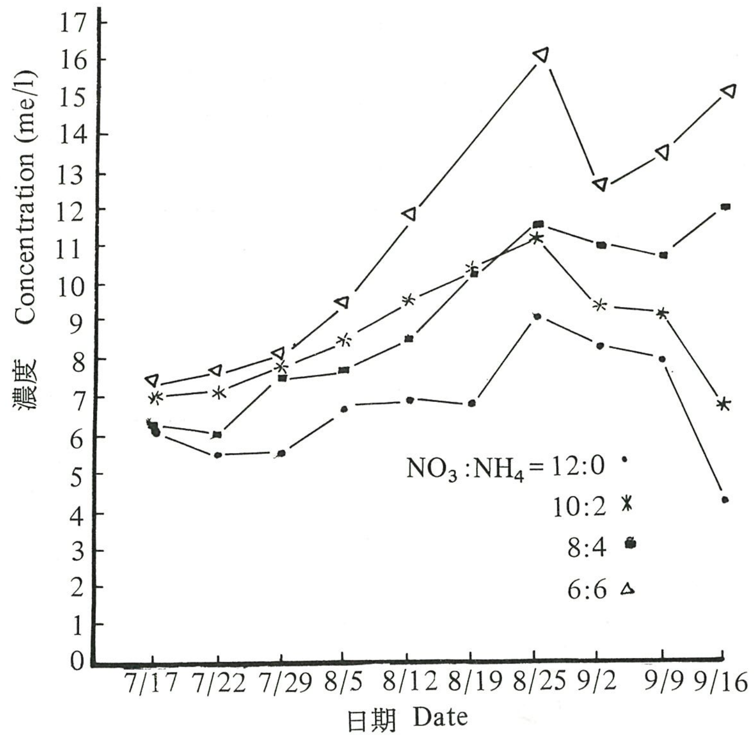

圖 10 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對鈣濃度變化的影響

Fig. 10. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the calcium concentration in the nutrient solution.

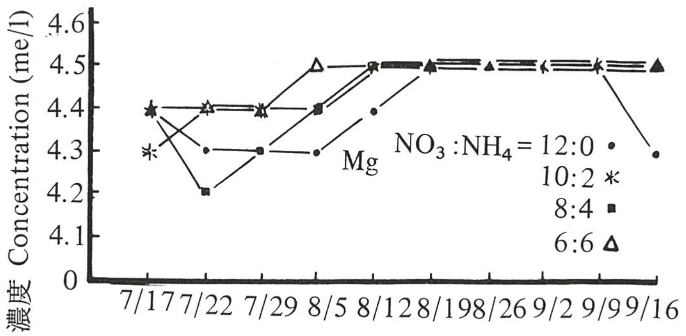

圖 11 培養液中不同NO_3/ NH_4比率對鎂濃度變化的影響

Fig. 11. Effects of NO_3/NH_4 ratios on the magnesium concentration in the nutrient solution.

另一方面，蔬菜對於硝酸態氮之吸收偏多而蓄積於體內時，並不造成體內之機能障害，然而僅以硝酸態氮單獨使用時，作物之葉色較淡，培養液 pH 易上升，且植體內 硝酸態氮含量較高。如果於光線不足條件下，其吸收和同化作用降低。由於植物吸收硝酸態氮之後，仍需還原成氨態氮才能進入同化過程，而此過程就需要能源之消耗。相對的吸收氨態氮，就直接可同化利用。安井、本田（1982）以光照與氮形態對番茄和胡瓜之生育的影響行檢討，於秋冬作較短日照下，除硝酸態氮外，加入適當之氨態氮時，生育較良好，而硝酸態氮與氨態

氮之比率的適宜範圍，番茄為5：1—11.5：0.5，胡瓜為3：1以下。本試驗於氨態氮比率最高範圍內並未見生育上之障礙，但是由於氨態氮之加入培養液中，使生育良好，葉色較濃綠，果實之糖度也增加，就供試的四品種洋香瓜養液中硝酸態氮與氨態氮比率以10：2較為適當。

照片 1 供試之溫室洋香瓜品種Earl′s夏系

Photo 1. Var. “Earl’s Summer” used in the experiment.

照片 2 供試之溫室洋香瓜品種B—502

Photo 2. Var. “B-502” used in the experiment.

参考文獻

1. 沈再發、許淼淼 1987 洋香瓜之水耕試驗 設施園藝研討會專集1:95～108
2. 山崎肯哉 1986 養液栽培技術の發展經過と今後の方向. 養液栽培の新技術 農業および園藝別册61(1)：27～34。
3. 安井秀夫、本田藤雄 1982 野菜の生育制御に關する生態學的研究. 日本野菜試報C6：1～9。
4. 增井正夫、福島與七、久保島正威、板垣光彥、林昌德 1961 メロンの養分吸收に關する研究、4.養分吸收過程について 日本園藝學會雜誌 30：29～38。
5. 糠谷明 1987 溫室メロン栽培の實際 農業および園藝 62(1)：175～185。
6. Arnon, D. I. and D. R. Hoagland. 1940. Crop production in artificial culture solution with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. Soil Sci. 60: 463–485.
7. Barker, A. V. and D. N. Maynard. 1972. Cation and nitrate accumulation in pea and cucumber plants as influenced by nitrogen nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100 17–23.
8. De Classen, M.E.J. and G.G.E. Wilcox. 1974. Effect of nitrogen form on growth and composition of tomato and pea tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 171–174.
9. Frota, J.N.E. and T. C. Tucker. 1972. Temperature influence on ammonium and nitrate absorption by lettuce. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36: 97–100.
10. Goyal. S. S., O. A. Lorenz and R. C. Huffaker. 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plants. I. Characterization of toxic effects of NH_4 on growth and its alleviation by NO_3^-. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 126–129.
11. Goyal, S. S., R. C. Huffaker and D. A. Lorenz. 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plants. II. Investigation on the possible causes of ammonium toxicity to radish plants and its reversal by nitrate. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 130–135.
12. Ikeda H. and T. Osawa. 1981. Nitrate and ammoium-N absorption by vegetables from nutrient solution containing ammonium nitrate and the resultant change of solution pH. J. Japan Soc. Hort. Sci. 50: 225–230.
13. Ikeda, H. and T. Osawa. 1982. Effect of potssium and calcium levels and their accompanying anion in nutrient solution on ammonium toxicity in vegetable crops. J. Japan Soc. Hort. Sci. 51: 309–317.
14. Ikeda, H. and T. Osawa. 1983. Effects of ratios of NO_3 to NH_4 and concentrations of each N source in nutrient solution on growth and leaf N constituents of vegetable crops and solution pH. J. Japan Soc. Hort. Sci. 52: 363–380.

15. Ikeda, H. and Osawa. T. 1984. Lettuce growth as influenced by N source and temperature of the nutrient solution. Proceedings 6th international congress on soilless culture 273–284.
16. Iwata, M. and T. Taniuchi. 1953. Influence of forms of nitrogen supplied on the growth of vegetable crops. J. Japan Soc. Hort. Sci. 22: 183–191.
17. Iwata M. 1962. Influence of forms of nitrogen supplied on the growth of vegetable crops. II. Effects of varying concentrations of nitrogen in the different froms on the growth of turnip. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 27: 21–31.
18. Iwata, M. 1962. Influence of the forms of nitrogen supplies on the growth of vegetable crops. IV. Growth as influenced by variable cation and pH in the culture solution. J. Japan Soc. Hort. Sci. 31: 39–52.
19. Kagohashi, S., H. Isano and Kageyama M. 1978. Studies on the nutrition of muskmelon (*Cucumis melo* L.). I. Characteristics of nutrient uptake by muskmelon. J. Japan Soc. Hort. Sci. 47: 203–208.
20. Kagohashi, S., H. Kano and M Kageyama. 1981. Effects of controlling of nutrient uptake on the plant growth and the fruit qualities of muskmelons cultivated in autumn and spring. J. Japan Soc. Hort. Sci. 50: 306–316.
21. Kano, H., S. Kagohashi and M. Kageyama 1981. Relationship between organ growth and nitrogen accumulation in muskmelon. J. Japan Soc. Hort. Sci. 50: 317–325.
22. Kirby, E. A. and Mengel K. 1967. Ionic balance in different tissue of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nitrogen. Plant physiol. 42: 6–14.
23. Masao, M., A. Nukaya and A. Ishida. 1982. Effect of nitrogen form on growth of muskmelons. J. Japan Soc. Hort. Sci. 50: 457–580.
24. Masui, M., Y. Fukushima, M. Toda and K. Ezaki. 1960. Studies on the absorption of nutrient elements in muskmelon. II. On nitrogen, potassium, calcium and magnesium levels. J. Japan Soc. Hort. Sci. 29: 147–156.
25. Maynard, D. N., A. V. Barker and W. H. Lachman. 1969. Influence of potassium on the utilization of ammonium by tomato plant. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 537–542.
26. Maynard, D. N. and A. V. Barker. 1969. Studies on the tolerance of plants to ammonium nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 235–239.
27. McElhannon, W. S. and H. A. Mills. 1977. The influence of N concentration and NO_3/NH_4 ratio on the growth of lima and snap bean and southern field pea seedlings. Commun. Soil Sci. Plant Analy. 8: 677–687.
28. Namioka, H. 1976. Kuntan as a substrate for soilless culture. IWOSC proceedings fourth international congress on soilless culture. 289–312.
29. Pill, W. G. and V. N. Lambeth. 1977. Effect of NH_4 and NO_3 nutrition with and

without pH adjustment on tomato growth, ion composition, and water relations. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(1): 78–81.

30. Pill, W. G., V. N. Lambeth and T. M. Hinckley. 1978. Effect of nitrogen form and level on ion concentrations, water stress and blossom end rot incidence in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 265–278.

31. Slatyer, R. O. 1962. Internal water relations of higher plant. Annu. Rev. Plant Physiol. 13: 351–378.

32. Wilcox, G. E., J. E. Hoff and C. M. Jones. 1973. Ammonium reduction of Ca and Mg content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom-end rot of tomato fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98: 86–89.

33. Yamasaki, K., Y. Suzuki and Y. Shinohara. 1976. Studies on water culture of several vegetables with special reference to control of nutrient solution and ratio of nutrient absorption per water consumption. Memoris of the Fac. Agri., Tokyo Univ. of Education. 22: 53–100.

討　論

高德錚（台中區農業改良場）問：

根據您的資料顯示養液配方中施用過多的氨態氮會造成葉片中化學組成分變化，請問是否因為過多的氨態氮造成洋香瓜根部褐化及降低根部活性呢？

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

氨態氮吸收有優先性，洋香瓜對太高濃度時，往往造成毒害根部產生褐化。氨態氮之影響依作物種類而不同，如菠菜對氨態氮敏感，會影響養液 pH 值進而影響其他元素吸收，洋香瓜、萵苣較耐氨態氮，其影響較小。

林學正（台南區農業改良場）：問

以水耕栽培洋香瓜，栽培成本如何？水耕栽培環境之變化對洋香瓜之生育影響如何？

沈再發（鳳山熱帶園藝試驗分所）答：

1.一分地設施至少50—60萬，其中栽培床約20—30萬，一噸培養液50元，依24000株計算每株約100元。

2.水份的控制上水耕較土耕難，水耕根部始終浸在養液中，因此必須選擇適合水耕之洋香瓜品種。

STUDIES ON THE NUTRIENT UPTAKE OF MUSKMELON (*Cucumis melo L.*)*

Tzay-Fa Sheen and Miao-Miao Hsu

Director and Assistant

Fengshan Tropical Horficulfural Experiment Station, TARI.

ABSTRACT

Experiment were conducted to investigate the quantity of water consumption, concentration change of absorbed nutrient and the effect of different ratio of NO_3/NH_4 in nutrient solution on the growth of greenhouse muskmelon using floating hydroponics. Based on the quantity of water removal, the development of greenhouse muskmelon can be divided into four stages, namely, vegetative growth stage, pollinated young fruit stage, fruit enlargement stage and fruit ripening stage. Quantity of water removal was the highest in the fruit enlargement stage. The pollinated young fruit stage and the fruit ripening stage were in the second place and the vegetative growth stage was the lowest.

The concentrations of NO_3-N、P、K、Ca and Mg absorbed by plants were 13.98、4、5.33、7.26、3.98 me/l and 15.09、4、7.35、6.59、4.26 me/l respectively for both spring and summer crops. The highest rate of nutrient uptake was recorded in the pollinated young fruit stage and the lowest in the vegetative growth stage.

The different ratios of NO_3/NH_4 in nutrient solution showed that the calcium content in the plant tissues decreased as NH_4 to NO_3 ratio in solution increase. Optimum ratio of the NO_3/NH_4 in nutrient solution for the growth muskmelon was 10 : 2.

*Part of study was financially supported by National Science Council for the senior author